

**DISEÑO DE DOBLE LENTE DE ARRAYS (TRANSMITARRAY)**

PADILLA DE LA TORRE, PABLO  
SIERRA CASTAÑER, MANUEL  
SIERRA PÉREZ, MANUEL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

El objetivo del presente trabajo es el de diseñar y construir una estructura que se comporte como una lente doble a partir de arrays de parches. A este tipo de lentes se las conoce comúnmente como transmitarrays. El fundamento de este tipo de estructuras es sencillo de entender: recibir en uno de los dos arrays una onda con características determinadas de frente de onda, procesarla de algún modo (variar patrón de radiación, añadir una etapa de amplificación, etc.) y retransmitirla. Podríamos pensar en lentes activas y pasivas, en el caso de incluir circuitería que requiera alimentación o no, respectivamente. En nuestro caso, nuestro interés se centrará en el diseño y prototipado de una lente pasiva. La idea en este tipo de estructuras consiste en situarlas delante de una antena en concreto, de modo que podamos obtener dos ventajas fundamentales: -corregir el error de fase de una antena, (por ejemplo, una bocina). -configurar un nuevo diagrama de radiación. Todo ello sin más que manipular la parte intermedia de la estructura, es decir, la circuitería existente. En este artículo, nuestro interés se centrará en poder corregir errores de fase de la antena de alimentación de la estructura. Si bien el esquema planteado (array de recepción, desfase y array de transmisión) parece sencillo, su elaboración no lo es tanto al tener que considerar limitaciones tanto electromagnéticas como de construcción. Una vez que hemos definido la arquitectura teniendo en cuenta todas las posibles limitaciones, debemos especificar una antena de alimentación y según esto, la diferencia de fase con que la señal procedente de la antena incide sobre cada uno de los parches de recepción que componen la estructura de la lente. Tomaremos una bocina para 12 GHz, de la que conocemos (por medida en cámara anecoica) su error de fase relativo al centro de la bocina, como referencia para nuestra doble lente.

# DISEÑO DE DOBLE LENTE DE ARRAYS (TRANSMITARRAY).

P. Padilla de la Torre, M. Sierra-Castañer, M. Sierra-Pérez.

[Ppadilla00@gr.ssr.upm.es](mailto:Ppadilla00@gr.ssr.upm.es), [m.sierra.castaner@gr.ssr.upm.es](mailto:m.sierra.castaner@gr.ssr.upm.es), [m.sierra.perez@gr.ssr.upm.es](mailto:m.sierra.perez@gr.ssr.upm.es).

Dpto. de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. Universidad Politécnica de Madrid.

Av. de la Complutense s/n, 28040, Madrid.

**Abstract-** The aim of the paper below is to present a particular structure, working as if it were a double array lens (Transmitarray). The structure consists of a patch array in the reception part, a phase delay for each patch and another patch array in the transmission part. The idea in using this device is to place it in front of a particular antenna in order to modify the radiation pattern of the feeding antenna.

The architecture we are going to use implies the use of patches with via feeding. To avoid undesired coupling between the reception and the transmission arrays, we are placing ground planes that isolate the reception array, the phase delay and the transmission array.

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es el de diseñar y construir una estructura que se comporte como una lente doble a partir de arrays de parches. A esa doble lente se la conoce comúnmente como transmitarray.

El fundamento de este tipo de estructuras es fácil de entender: recibir en uno de los dos arrays una onda con características determinadas de frente de onda, procesarla de algún modo (variar patrón de radiación, añadir una etapa de amplificación, etc.) y retransmitirla. Podríamos pensar en lentes activas y pasivas, en el caso de incluir circuitería que requiera alimentación o no, respectivamente. En este artículo nuestro interés se centrará en el diseño y prototipado de una lente pasiva.

La idea en este tipo de estructuras (pasivas en nuestro caso) consiste en situarlas delante de una antena en concreto, de modo que podamos obtener dos ventajas fundamentales:

- corregir el error de fase de una antena, (considérese, por ejemplo, el error de fase que existe en la radiación de una bocina debido a la geometría).
- configurar un nuevo diagrama de radiación.

Todo ello sin más que manipular la parte intermedia de la estructura, es decir, la circuitería existente. Nos centraremos en reducir el error de fase de una antena concreta.

## II. LA ESTRUCTURA.

La estructura, a grandes rasgos, consistirá en dos arrays de parches, uno en la parte de recepción y otro en la de transmisión, así como una serie de líneas de transmisión para cada dupla de parches (uno de transmisión y otro de recepción). La posibilidad de alargar o acortar las líneas de

transmisión entre cada parche de un array y su correspondiente del otro array nos permitirá modificar el desfase de la señal a nuestro antojo, y por tanto poder realizar correcciones en el diagrama de radiación resultante, tal y como se muestra en la figura 1.

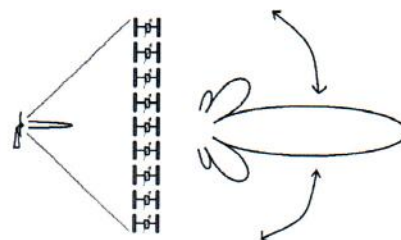


Fig. 1. Esquema de funcionamiento de la doble lente.

Si bien el esquema planteado (array de recepción, desfase y array de transmisión) parece sencillo, su elaboración no lo es tanto. Como elementos condicionantes, que tendremos que tener presentes desde el primer momento, señalaremos:

1.- Necesitamos un gran aislamiento entre la etapa de recepción y de transmisión. Por este motivo la arquitectura que vamos a utilizar implica el uso de planos de masa que aislen las dos etapas y el uso de vías a través de esos planos de masa para interconectar las distintas partes de la lente (parche de recepción con su correspondiente línea de transmisión y la línea de transmisión con su correspondiente parche de transmisión).

Según esto, en una primera aproximación, podríamos establecer una estructura como la de la figura 2.

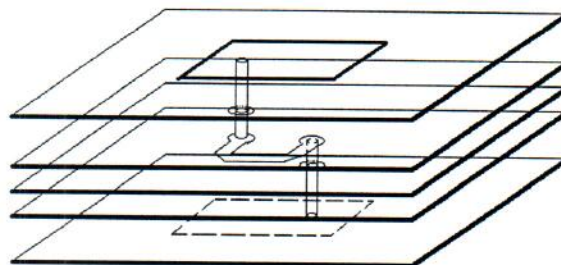


Fig. 2. Esquema simplificado de la doble lente, con planos de masa y vías.

2.- La estructura descrita implica el uso de arquitectura multicapa, que también conlleva sus limitaciones en dos aspectos:



- limitación en cuanto a sustratos que se pueden utilizar, con lo que la estructura pasa a ser la de la figura 3.
- limitación en la construcción de las vías, ya que no todas las posibilidades de que se nos podrían ocurrir en cuanto a las vías se pueden realmente construir. Como veremos en la figura 4, eso nos llevará a complicar la estructura multicapa, ya que entre los planos de masa, las vías, por condicionantes en construcción, deberán atravesar de un plano de masa al otro (por encima y por debajo de los planos de masa situaremos FOAM, de modo que el problema de las vías se reduzca a la parte situada entre los planos de masa).

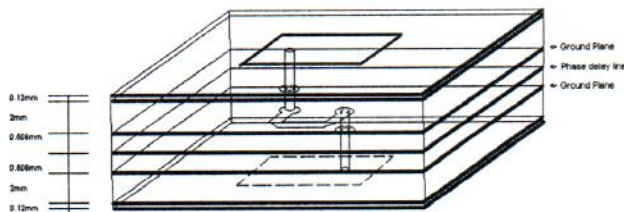


Fig. 3. Esquema de capas factible de la doble lente.

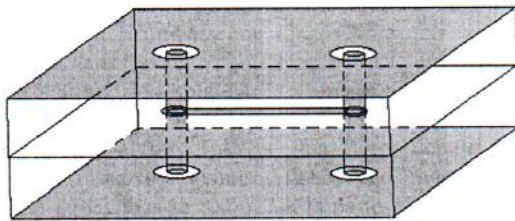


Fig. 4. Detalle de la posición de las vías entre los planos de masa.

3.- Como se ha señalado, las líneas de transmisión se encontrarán situadas entre dos planos de masa, es decir, realmente tenemos striplines con vías metálicas al principio y al final de la línea. Para evitar la aparición de modos indeseados debido a esas vías verticales entre dos planos de masa, rodearemos la etapa intermedia por vías metálicas entre un plano de masa y otro, separadas menos de  $\lambda_g/10$ , de modo que se comporte como una guía con los modos indeseados al corte, como podemos ver en la figura 5.

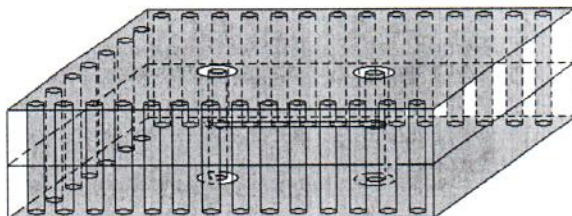


Fig. 5. Detalle de las vías entre los planos de masa, para formar una guía al corte para los modos indeseados.

Como hemos podido comprobar, la estructura de la lente se ha complicado debido a condicionantes electromagnéticos y de construcción.

### III. SIMULACIONES

Una vez que conocemos de modo fiable las limitaciones que tendremos al diseñar la lente y cuál va a ser su estructura, procedemos a realizar simulaciones de la estructura. En nuestro caso, utilizaremos Ensemble, así como CST y Microwave Office como complemento. Como frecuencia de funcionamiento tomaremos 12 GHz.

En primer lugar, procedemos a simular la mitad de la estructura, de modo que podamos obtener resultados de radiación y de adaptación. La figura 6 muestra el esquema de simulación para un solo parche.

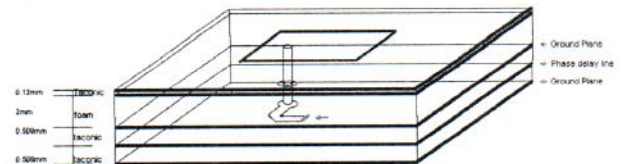
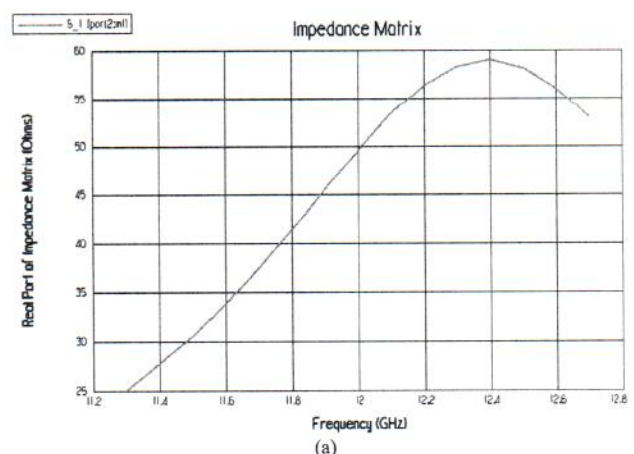


Fig. 6. Esquema de capas para simulación en Ensemble.

La stripline interna se diseña para 50  $\Omega$ . Las figuras 7 y 8 muestran algunos resultados de simulación en cuanto a adaptación e impedancia de la estructura, respectivamente.


 Fig. 7. S<sub>11</sub> de media estructura.


(a)



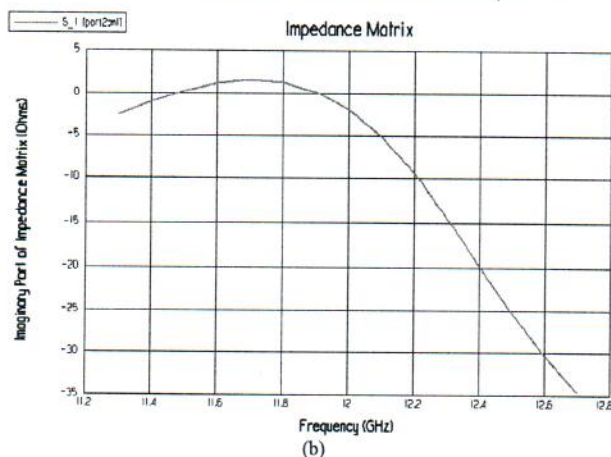


Fig. 8. Impedancia de la estructura, (a) parte real, (b) parte imaginaria.

En el caso de un array de este tipo de parches, interesará considerar cómo se modifica la adaptación debido al acoplamiento entre parches, así como cual es el acoplamiento mutuo entre ellos. En la figura 9 podemos ver su comportamiento en simulación para un array de 6x6 elementos.

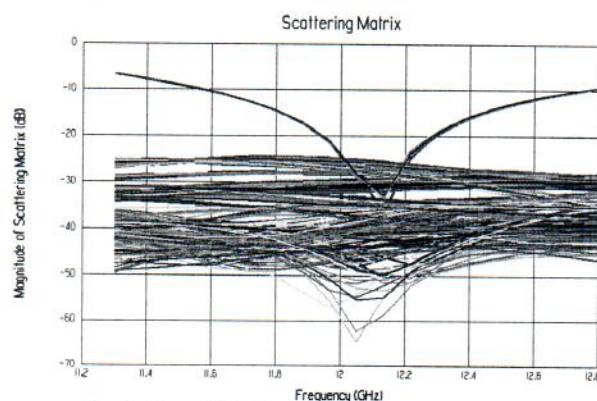


Fig. 9. Adaptación de los parches y acoplo entre parches.

En el caso de excitar todos los elementos con la misma fase, tendríamos un diagrama como el de la figura 10.

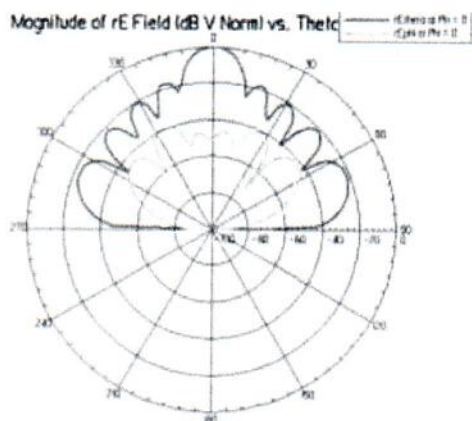


Fig.10. Diagrama de radiación array 6x6 con alimentación en fase uniforme.

Sin embargo nuestro interés se centrará, como ya señalamos, en poder corregir errores de fase de la antena de alimentación de la estructura.

Una vez que se tiene especificada la antena de la estructura, es posible determinar la diferencia de fase con que la señal incide sobre cada uno de los parches de recepción que componen la estructura de la antena. Tomaremos una bocina para 12 GHz de la que conocemos (por medida en cámara anecoica) su error de fase relativo al centro de la bocina, como se verá mas adelante en la tabla 1.

Según esto, los parches de nuestra estructura se disponen en círculos concéntricos con respecto al centro de la estructura como se puede ver en la figura 11 (para el caso de 6x6 elementos).

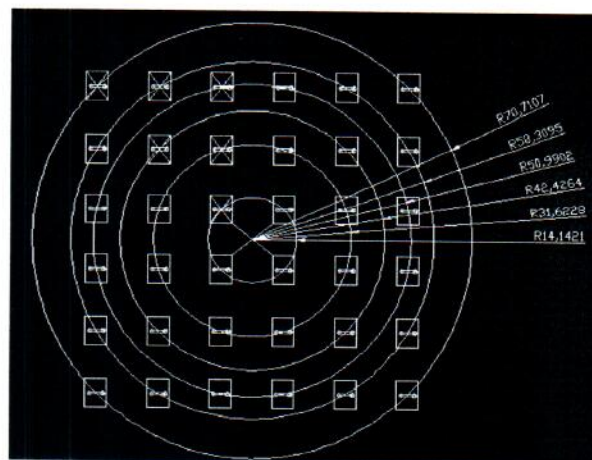


Fig. 11. Distribución de parches en círculos concéntricos.

Circunferencia	Diámetro (mm)	Radio (mm)	$\Delta\phi$ (°)
1	28.28	14.14	-6.3
2	63.24	31.62	-31.3
3	84.85	42.43	-56.3
4	101.98	51	-81.4
5	116.62	58.31	-105.3
6	141.42	70.71	-156.4
centro			0

Tabla 1. Desfases según posición de los parches, para 150 mm de distancia con respecto a la antena alimentadora.

Todos los parches asociados a cada uno de estos círculos concéntricos captarán una señal con un mismo desfase. Para corregir esa variación de fase utilizaremos los tramos de stripline que unen los parches dos a dos. De este modo tendremos diferentes longitudes, como se puede observar en la figura 12.

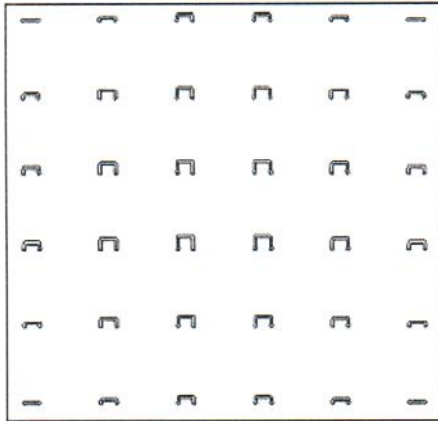


Fig. 12. Longitud de las 'striplines' en función de la posición de los parches .

En este momento estamos ya en disposición de construir un primer prototipo, que en este momento se encuentra bajo construcción.

#### IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha tratado de diseñar y simular un análogo de recepción-transmisión, cuya importancia fundamental radica en la posibilidad de modificar el diagrama de radiación de una antena dada, así como eliminación de los errores de fase de dicha antena. En el presente artículo se presenta una descripción de los criterios de diseño, de la estructura, así como resultados de simulación.

En el momento de redacción de este artículo, el primer prototipo está bajo construcción y sus resultados de medida se presentarán en el congreso URSI 2006.

#### AGRADECIMIENTOS

Las simulaciones necesarias para el presente trabajo han sido realizadas utilizando Ensemble, así como CST Microwave Studio 5.0 con licencia de cooperación entre CST y la Universidad Politécnica de Madrid. El sustrato NY utilizado en los prototipos fue amablemente cedido por NELTEC S.A.

#### REFERENCIAS

- [1] E. Fotheringham, S. Rómisch, P. C. Smith, D. Popovic, D. Z. Anderson and Z. Popovic. "A Lens Antenna Array With Adaptive Optical Processing". *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 50, NO. 5, May. 2002.
- [2] Z. Popovic and A. Mortazawi. "Quasi-Optical Transmit/Receive Front End" *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 46, NO. 11, Nov. 1998.
- [3] J. Vian and Z. Popovic. "Smart Lens Antenna Arrays" *Microwave Symposium Digest, 2001 IEEE* Constantine A. Balanis. "Antenna Theory. Analysis and design". 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley and Sons, 1997.
- [4] K.C. Gupta, R. Garg, I. Bahl and P. Barthia. "Microstrip lines and slotlines". 2<sup>nd</sup> edition, Artech House, 1996.

